

熱分野  
専門区分

課目Ⅲ 燃料と燃焼

試験時間 16:20～17:40 (80分)

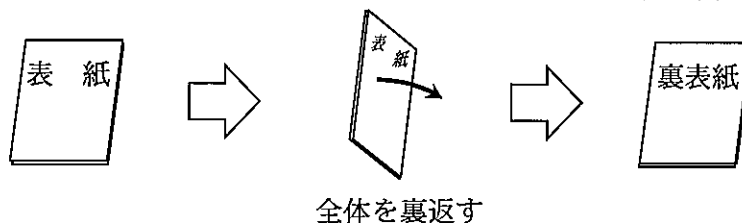
4時限目

問題 8, 9	燃料及び燃焼管理	1～4 ページ
問題 10	燃焼計算	5～6 ページ

I 全般的な注意

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
2. 試験中に問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
3. 問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
4. 答案用紙の記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。「記入上の注意」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
5. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。  
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

(燃料及び燃焼管理)

問題 8 次の各文章の  ~  の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、一つの解答群から同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

(配点計 30 点)

(1)  $H_2$ 、 $CH_4$ 、 $C_3H_8$ 、 $C_4H_{10}$  の 4 種のガスの発熱量について考える。

単位体積当たりの高発熱量が最も大きいガスは  であり、最も小さいガスは  である。単位質量当たりの高発熱量が最も大きいガスは  である。炭化水素ガス ( $CH_4$ 、 $C_3H_8$ 、 $C_4H_{10}$ ) の単位質量当たりの高発熱量の値は、 。

<  ~  の解答群 >

- ア  $H_2$                       イ  $CH_4$                       ウ  $C_3H_8$                       エ  $C_4H_{10}$   
オ いずれもほぼ同じである                      カ それぞれの分子量にほぼ比例して大きくなる  
キ それぞれの分子式を  $C_mH_n$  と表記すると  $m$  にほぼ比例して大きくなる

(2) 広く使用されている液体燃料である灯油、軽油、重油について、JIS に規定されている種類や品質について考える。

灯油は用途によって 1 号、2 号の 2 種類に、軽油は  によって特 1 号、1 号、2 号、3 号、特 3 号の 5 種類に、重油は動粘度によって 1 種、2 種、3 種の 3 種類に分類されている。それぞれの種類ごとに、火気に対する保安の観点から引火点が規定されている。燃料の試料を昇温して発生した蒸気と空気の混合気体が燃焼する最低温度を引火点としており、引火点が低いと火気に対する危険性が大きくなる。上述した燃料各種のうちで、引火点の規定値が最も高いのは  である。引火点の規定値が最も低いのは  であり、その規定値は  と示されている。

<  ~  の解答群 >

- ア 40℃ 以下                      イ 40℃ 以上                      ウ 70℃ 以下                      エ 70℃ 以上  
オ 1 号及び 2 号灯油                      カ 特 1 号軽油                      キ 特 3 号軽油                      ク 1 種重油  
ケ 3 種重油                      コ 動粘度                      サ 密度                      シ 用途  
ス 留出温度                      セ 流動点

(3) CH<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>などの炭化水素ガスのそれぞれと空気との混合気を、円管から層流で静止空気中に鉛直上方に噴出し、点火して火炎を形成させようとする。混合気の噴出速度がある一定の範囲内では、円管先端近傍で混合気の流速と燃焼速度が等しい位置が火炎の付着点となり、定在火炎が形成される。混合気の流速が上述の範囲を超えて大きくなれば、付着点は円管先端から離れ吹き飛びが起こる。また、混合気の流速がある限界値以下になると [ 9 ] が起こる。後者の現象が起こる限界の流速値は混合気の当量比に依存するが、その流速値が最大となるのは、上記のガスのいずれについても、混合気の当量比が [ 10 ] 程度の場合である。

〈 [ 9 ] 及び [ 10 ] の解答群 〉

ア 0.8	イ 1.1	ウ 1.5	エ 1.8
オ スタグネーション	カ デトネーション	キ 逆火	ク 消炎

(4) 一般的なボイラや加熱炉等から排出される窒素酸化物のほとんどはNOであるが、窒素化合物を豊富に含む燃料が比較的低温で燃焼されるような燃焼設備からは、温室効果ガスの一つに挙げられている [ 11 ] も排出される。

NOは、燃焼用空気中の窒素を起源とするものと、燃料中の窒素化合物を起源とするものに分けられるが、後者は [ 12 ] NOと呼ばれている。

空気中の窒素を起源とするNOとして、火炎帯下流での窒素の高温酸化によって生成されるものがあり、その反応機構は [ 13 ] 機構と呼ばれている。また、空気中の窒素を起源とするが、炭化水素燃料の火炎帯内において、HCNなどの窒素化合物が関与する反応によって急速に生成されるNOも知られており、これは [ 14 ] NOと呼ばれている。

〈 [ 11 ] ~ [ 14 ] の解答群 〉

ア N <sub>2</sub> O	イ NO <sub>2</sub>	ウ N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	エ ゼルドヴィッチ
オ フューエル	カ プロンプト	キ リバーニング	

(燃料及び燃焼管理)

問題9 次の各文章の  ～  の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、一つの解答群から同じ記号を2回以上使用してもよい。

(配点計 30 点)

(1) 気体燃焼に使用するバーナは、燃料と空気の混合方式によって大別すると、拡散燃焼バーナ、部分予混合燃焼バーナ、完全予混合燃焼バーナに分類される。

- ① 逆火の危険なしに燃焼量を広範囲に調節できるのは、 燃焼バーナである。
- ② ブンゼンバーナが基本形式の一例として挙げられ、燃焼状態が調整できるのは  燃焼バーナである。
- ③ 急速燃焼が可能であるが、逆火の危険が最も大きいのは  燃焼バーナである。
- ④ 燃料及び空気をそれぞれ高温に予熱することができるのは、 燃焼バーナである。

<  ～  の解答群 >

ア 拡散                      イ 完全予混合                      ウ 部分予混合

(2) 重油バーナを霧化の方法で分類すると、油圧噴霧式、流体噴霧式及び回転噴霧式に分けられる。

油圧噴霧式は加圧された油を小孔から噴出して霧化するもので、他の方式と比べると油量調節範囲は  。

流体噴霧式は圧力によって高压気流式と低压気流式に分けられる。そのうち、高压気流式の特徴については、火炎の形状は  で、油量調節範囲は  。また、両者のうち霧化用媒体として、一般に0.2～1.0MPa程度の空気又は蒸気が用いられるのは  である。

回転噴霧式は回転体に沿って油を流し、遠心力によって霧化するものである。

<  ～  の解答群 >

ア 高压気流式                      イ 低压気流式                      ウ 狭角の短炎                      エ 狭角の長炎  
オ 広角の短炎                      カ 広角の長炎                      キ 狭い                      ク 広い



(燃焼計算)

問題 10 次の各文章の  ~  の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、一つの解答群から同じ記号を2回以上使用してもよい。

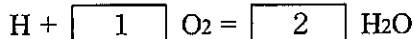
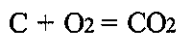
また、 a.bc ~  a.bc に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。(配点計 50 点)

燃料としての微粉炭の専焼は CO<sub>2</sub> 排出量が多いことが問題とされているが、バイオマスの燃焼で発生する CO<sub>2</sub> をゼロと見なすことができれば、木質バイオマスとの混焼は CO<sub>2</sub> 削減対策として評価できる。本問では、微粉炭とバイオマスとの混焼による CO<sub>2</sub> 削減効果について試算する。

微粉炭の組成は、質量比で炭素 72%、水素 5%、酸素 8%、灰分 15%とし、灰分は燃焼反応に関与せず、体積、比熱共にゼロとみなせるものとする。また、木質バイオマスは十分に乾燥しており、成分はセルロースのみで、そのセルロースは C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub> が多数結合した物質と考える。なお低発熱量は、微粉炭が 28.1 MJ/kg<sub>f</sub>、乾燥した木質バイオマスが 19.4 MJ/kg<sub>f</sub> とし、専焼、混焼を問わず、空気比 1.3、空気中の酸素の体積割合 21% で完全燃焼しているものとする。なお、単位記号の m<sup>3</sup><sub>N</sub> は標準状態 (0℃、1 気圧) での気体の体積を表し、/kg<sub>f</sub> は燃料の単位質量当たりであることを表すものとする。

1) 微粉炭の燃焼

燃料中の炭素、水素の完全燃焼反応式は次のようになる。



この反応式から、炭素 1 kg の完全燃焼に必要な酸素量は  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>]、水素 1 kg の完全燃焼に必要な酸素量は  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>] となる。これらから、微粉炭 1 kg の燃焼に必要な理論酸素量は  a.bc [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg<sub>f</sub>] と求められる。空気中の酸素の体積割合から微粉炭 1 kg の燃焼に必要な理論空気量は  a.bc [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg<sub>f</sub>]、空気比 1.3 から実際の空気量は  a.bc [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg<sub>f</sub>] となる。また、生成する湿り燃焼ガス量は  ab.c [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg<sub>f</sub>] となる。

<  ~  の解答群 >

ア	$\frac{1}{16}$	イ	$\frac{1}{8}$	ウ	$\frac{1}{4}$	エ	$\frac{1}{2}$	オ	1	カ	$\frac{22.4}{16}$
キ	$\frac{22.4}{12}$	ク	2	ケ	$\frac{22.4}{8}$	コ	4	サ	$\frac{22.4}{4}$	シ	$\frac{22.4}{2}$
ス	12	セ	16	ソ	21	タ	22.4				

2) バイオマスの燃焼

セルロースの単量体である  $C_6H_{10}O_5$  が完全燃焼したときの反応式は次のようになる。



この式よりセルロース 1 kg を完全燃焼させるのに必要な理論空気量は  $\boxed{E} \boxed{a.bc}$  [ $m^3_N/kg_f$ ] となる。これより、本問で想定した木質バイオマス 1 kg を燃焼させるために必要な実際の空気量は  $\boxed{F} \boxed{a.bc}$  [ $m^3_N/kg_f$ ]、湿り燃焼ガス量は  $\boxed{G} \boxed{a.bc}$  [ $m^3_N/kg_f$ ] となる。

<  $\boxed{5}$  ~  $\boxed{7}$  の解答群 >

- ア 1            イ 3            ウ 5            エ 6            オ 8.5            カ 10  
キ 12            ク 16

3) 微粉炭とバイオマスの混焼

バイオマスの質量割合を燃料全体の  $x$  [%] として微粉炭とバイオマスを混焼させたところ、発生した熱量のうちのバイオマスによる発熱量の割合（熱量比）が 20 % となったとする。

このとき、混合燃料 1  $kg_f$  当たりの発熱量は、微粉炭  $1 - \frac{x}{100}$  kg の発熱量と、バイオマス  $\frac{x}{100}$  kg の発熱量の合計として求められる。したがって、微粉炭の低発熱量を  $H_C$  [ $MJ/kg_f$ ]、バイオマスの低発熱量を  $H_B$  [ $MJ/kg_f$ ] とすれば、バイオマスの質量割合  $x$  は、バイオマスの熱量比が 20 % であったことから、式  $x = \boxed{8}$  [%] と計算される。

一方、 $CO_2$  発生量については、微粉炭燃料は  $\boxed{H} \boxed{a.bc}$  [ $m^3_N/kg_f$ ] であるが、バイオマスの燃焼で発生する  $CO_2$  をゼロと見なすことができれば、バイオマス熱量比 20 % の混合燃料としての  $CO_2$  発生量は  $\boxed{I} \boxed{a.bc} \times 10^{-1}$  [ $m^3_N/kg_f$ ] になる。ただし、混合燃料の低発熱量は微粉炭の低発熱量よりも小さくなるため、同じ熱量を得るための混合燃料の質量は、微粉炭燃料の質量より大きくなる。単位発熱量当たりで評価すると、バイオマスの熱量負担分の  $CO_2$  発生量がゼロとなるため、20 % の低減ということになる。

<  $\boxed{8}$  の解答群 >

- ア  $\frac{100}{1+4\left(\frac{H_B}{H_C}\right)}$             イ  $\frac{100}{1+5\left(\frac{H_B}{H_C}\right)}$             ウ  $\frac{100}{1+\frac{1}{4}\left(\frac{H_C}{H_B}\right)}$             エ  $\frac{100}{1+\frac{1}{5}\left(\frac{H_C}{H_B}\right)}$

(表紙からの続き)

## II 解答上の注意

1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2. 

1
---

、

2
---

 などは、解答群の字句等（字句、数値、式、図など）から当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3. 

A	a.bc
---	------

、

B	a.bc×10 <sup>d</sup>
---	----------------------

 などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」（ただし、a は 0 以外とする）を塗りつぶすこと。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも 0 を塗りつぶすこと。  
また、計算を伴う解答の場合は次の (1) ~ (3) によること。

(1) 解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

このとき、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

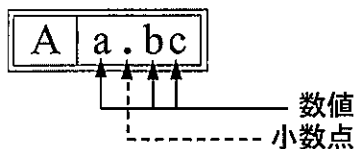
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1) の計算条件を満足すること。

(3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、(1) の「解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。」の計算条件を満足しているものとする。

例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100... と考える。特に円周率などの場合、実際は  $\pi = 3.1415...$  であるが、 $\pi = 3.14$  で与えられた場合は、3.1400... として計算すること。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.795...  
↓ 四捨五入  
6.80

(解答)

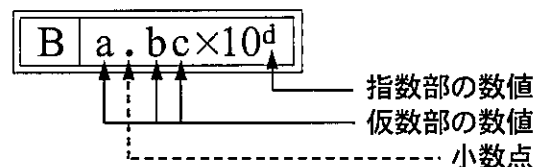
「680」を塗りつぶす



A		
a	b	c
0	0	0
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183... × 10<sup>2</sup>  
↓ 四捨五入  
9.18 × 10<sup>2</sup>

(解答)

「9182」を塗りつぶす



B			
a	b	c	d
0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9